

Estudi del progrés d'una marea roja de *Protoceratium reticulatum* a la badia de Chipana (Xile) a través d'un cicle intensiu: Efectes del fenomen de El Niño

Prestat per Mireia Farrés Rodríguez. Dirigit per Sergio Rossi Heras
Bellaterra, juliol de 2008.

Aquest projecte s'emmarca dins del projecte europeu CENSOR, que pretén fer una detecció, recopilació i comprensió dels efectes de El Niño i La Niña als ecosistemes marins costaners i als seus recursos. L'estudi es basa en l'ús de biomarcadors de producció fitoplanctònica en una zona de surgència (Iquique, Xile) per a conèixer el desenvolupament d'una marea roja tòxica de *Protoceratium reticulatum*, mitjançant l'anàlisi de les mostres corresponents a un cicle intensiu a la columna d'aigua. També s'estudia com aquesta pot influir en la disponibilitat d'aliment i en la comercialització dels organismes bentònics filtradors d'aquesta zona est del Pacífic, i quins efectes potencials té el fenomen de El Niño sobre els blooms algal.

1. INTRODUCCIÓ

El fenomen de El Niño té una forta influència sobre la biodiversitat marina i, consegüentment, sobre l'explotació de recursos marins. A Xile, l'economia de les poblacions costaneres està àmpliament basada en les pesqueries artesanals. I El Niño afecta especialment als hàbitats aquàtics i terrestres al llarg de la costa xilena del sistema d'aflorament del Corrent de Humboldt.

El fenomen ENSO (El Niño i la Oscil·lació del Sud) està caracteritzat per diferents anomalies climàtiques i oceàniques i, més específicament, al Pacífic oriental provoca la disminució del nivell de la termoclina i l'increment de la temperatura superficial del mar. Tenint en compte que la costa sud-americana està caracteritzada per l'aflorament d'aigües fredes riques en nutrients, les quals són les responsables dels beneficis de l'activitat pesquera, El Niño impedeix la surgència d'aigües profundes i comporta conseqüències negatives a l'economia pesquera.

El fenomen ENSO causa canvis a la composició i fluctuació del fitoplàncton. Per al coneixement d'aquests canvis és necessari l'estudi de la biomassa fitoplanctònica a través de diferents paràmetres, entre ells els àcids grassos, que juguen un paper important com a marcadors de la producció primària, ja que diferents classes d'algues mostren diversos perfils d'àcids grassos.

Al nord de Xile els processos de surgència a les aigües costaneres són permanents, amb especial intensitat en períodes càlids (primavera i estiu), i això caracteritza la zona d'una alta producció com

a resultat de la fertilització de les aigües superficials pels nutrients transportats del fons, els quals afavoreixen la biomassa fitoplanctònica.

Un canvi en la composició de fitoplàncton a la columna d'aigua és la proliferació massiva d'algues unicel·lulars (principalment dinoflagel·lats i diatomees), a aquest canvi se l'anomena marea roja, un fenomen molt comú en àrees de surgència i de forma més intensa a la costa en condicions estiuenques. A Xile, les mareas roges són un esdeveniment negatiu per a les pesqueries, ja que alguns dinoflagel·lats provoquen un impacte sobre les poblacions bentòniques costaneres perquè contenen toxines i s'acumulen als teixits dels bivalves.

El fenomen de El Niño pot accentuar la intensitat i la freqüència de les mareas roges per l'increment de la temperatura a les aigües superficials costaneres.

2. OBJECTIUS

Els canvis ambientals poden tenir lloc molt ràpidament en els ecosistemes costaners marins, per tant, entendre la variabilitat de l'ecosistema en els canvis que succeeixen a un temps a molt curt termini és una eina essencial, i aquests poden estar fortament influïts pel desenvolupament de fenòmens externs, com és el cas de El Niño. Doncs l'objectiu principal d'aquest treball és estudiar el desenvolupament d'una marea roja en aigües costaneres a través d'un cicle intensiu, amb la finalitat d'entendre millor la biologia i l'ecologia d'una marea roja de *Protoceratium reticulatum* i estudiar quins són els efectes que El Niño té sobre les mareas roges d'aquestes característiques.

3. METODOLOGIA

El progrés de la marea roja de *P. reticulatum* s'ha monitoritzat durant 48 h a prop del fons d'aigües costaneres a través d'un mostreig intensiu, cada 7 h, en període estiuenc, des del dia 14 de febrer de 2007 a les 7:00 h fins al 16 de febrer de 2007 a les 7:00 h. Per a la caracterització de les mostres d'aigua recollides s'han escollit diferents paràmetres a analitzar: variables bioquímiques (clorofil·la *a*, Carboni Orgànic Particulat (POC), Nitrogen Orgànic Particulat (PON) i lípids totals), la concentració de fitoplàncton a través de l'observació dels principals grups (el dinoflagel·lat *P. reticulatum*, altres dinoflagel·lats, diatomees, etc) i els àcids grassos.

En l'anàlisi dels àcids grassos el mètode seguit consta de diferents parts, té l'inici en la liofilització de les mostres, és a dir, dels filtres amb fitoplàncton, seguit de l'extracció de la matèria orgànica amb dissolvents en un microones. Posteriorment es separen les diferents fraccions de lípids per a obtenir

els àcids grassos, els quals es sotmeten a una metilació seguit d'una extracció líquid-líquid i, finalment, es concentren per a l'anàlisi instrumental de la mostra a través de la cromatografia de gasos per tal d'obtenir els corresponents resultats. El darrer pas és el tractament estadístic de les dades resultants.

4. RESULTATS

Variables bioquímiques: La concentració de lípids totals, clorofil·la *a*, POC i PON presenten un pic màxim el dia 14 de febrer a les 14:00 h, després d'aquest pic la concentració de tots aquests paràmetres disminueix esglaonadament. La relació C/N és similar en tota la durada del cicle intensiu.

La major correlació la protagonitzen el POC-clorofil·la *a*, amb una R^2 de 0,88 i una probabilitat d'error molt baixa ($p < 0,01$). Els lípids totals també mantenen una estreta relació amb la concentració de la clorofil·la *a* ($R^2 = 0,78$, $p < 0,05$).

Concentració de fitoplàncton (Taula 1): La comunitat de fitoplàncton està absolutament dominada per dinoflagel·lats, i en particular per l'espècie *P.reticulatum*. Els dinoflagel·lats i els altres grups d'organismes quantificats presenten un pic que coincideix amb la major concentració de *P.reticulatum* el dia 14 de febrer a les 14:00 h.

Dia	Hora	<i>Protoceratium reticulatum</i>	Altres dinoflagel·lats	Quists	Diatomees > 50 µm	Diatomees < 50 µm	Diatomees totals*	Ciliats	Total cel. L ⁻¹
14.02.07	7:00 h	92680	12060	9480	2420	5360	7840	60	139440
14.02.07	14:00 h	383520	11040	28320	9520	17600	27120	320	505760
14.02.07	21:00 h	129200	12300	13200	4400	9100	13500	100	195000
15.02.07	7:00 h	-	-	-	-	-	-	-	-
15.02.07	14:00 h	54800	6800	14600	5400	15400	21100	200	133200
15.02.07	21:00 h	88200	18800	15600	4100	9700	13800	100	136500
16.02.07	7:00 h	125300	17700	16000	3000	4500	7600	100	146700

Taula 1. Principals grups de fitoplàncton a la badia de Chipana durant el cicle intensiu entre el 14-16 de febrer de 2007. El dia 15 de febrer a les 7:00 h no hi ha mostres disponibles. Les diatomees totals (*) inclouen les diatomees en cadena trobades en algunes mostres. Font: elaboració pròpia.

P.reticulatum manté la major proporció del total de cèl·lules durant tot el cicle intensiu. El grup de diatomees és menys abundant que el grup de dinoflagel·lats en tots els punts mostrejats (Fig. 1)

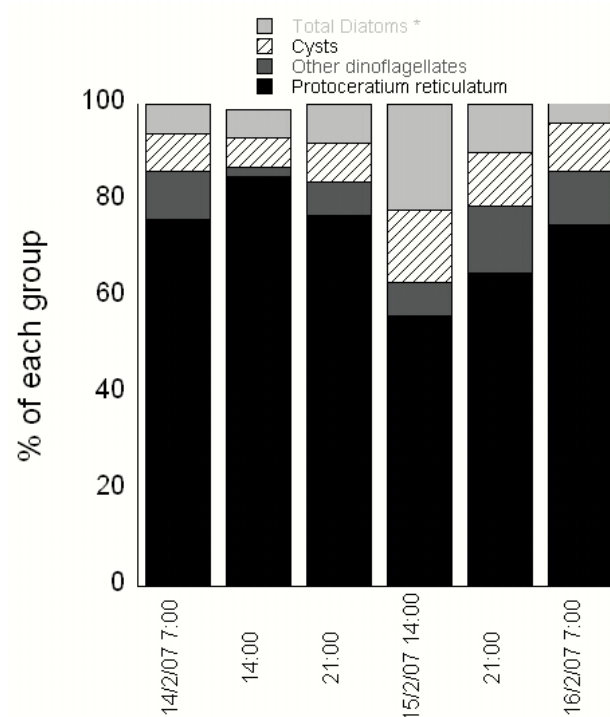


Figura 1. Proporció dels principals grups de fitoplàncton (% del total dels grups representats) durant el cicle intensiu entre el 14-16 de febrer de 2007. El dia 15 de febrer no hi ha mostres disponibles. Les diatomees totals (*) inclouen les diatomees en cadena trobades en algunes mostres. El grup dels ciliats no està representat en el diagrama ja que representen un percentatge minoritari. Font: elaboració pròpia.

La concentració total de fitoplàncton i la de lípids totals presenten una correlació significativa ($R^2=0,69$, $p<0,01$).

Àcids grassos: Els àcids grassos saturats (SAFA) són els més abundants en tot el cicle intensiu, essent el C18:0 i el C16:0 els que presenten proporcions estables de forma notable durant tot el període estudiat. Els àcids grassos monoinsaturats (MUFA) tenen baixes concentracions al llarg de tot el cicle. I els àcids grassos poliinsaturats (PUFA) presenten concentracions força més elevades que els MUFA.

Les correlacions més significatives existents entre la concentració d'àcids grassos i la de dinoflagel·lats estan protagonitzades per el C18:4(n-3) (Fig. 2) i el C22:6(n-3) ($R^2=0,56$, $p<0,05$).

La concentració de l'àcid gras que representa millor la presència de diatomees és la del C16:1(n-7) ($R^2=0,58$, $p<0,05$).

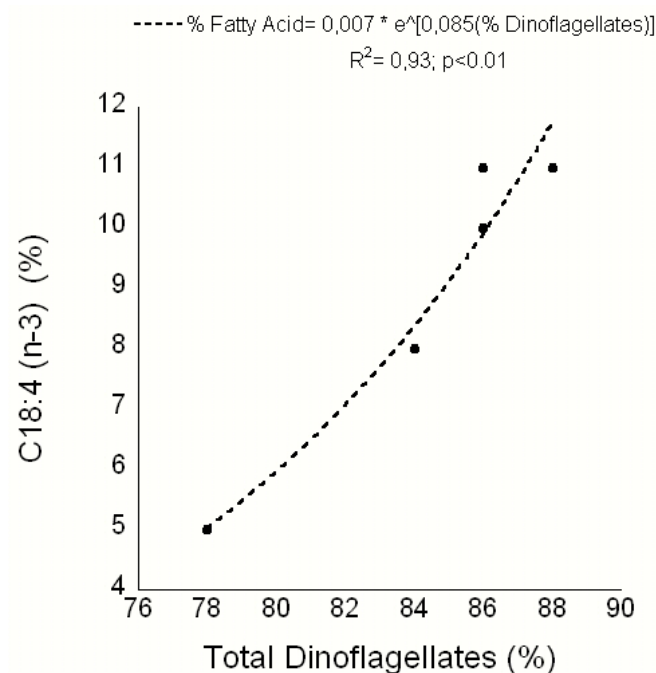


Figura 2. Correlació entre els dinoflagel·lats totals (%) i el C18:4(n-3) (%). Font: elaboració pròpia.

5. DISCUSSIÓ

Àcids grassos presents a la marea roja de *P.reticulatum*: Tenint en compte la gran abundància de diferents àcids grassos (biomarcadors) i el percentatge d'abundàncies dels diferents organismes, es confirma que hi ha present un gran bloom protagonitzat per la dinofícia *P.reticulatum*. La proporció d'àcids grassos representada per *P.reticulatum* i els altres dinoflagel·lats encaixen amb la majoria de resultats obtinguts en experiments anteriors. El resultat de la proporció C16:1(n-7)/C16:0 demostra que les diatomees estan lluny de la dominància.

El C18:4(n-3) actua com a marcador dels organismes dinoflagel·lats ja que s'observa una evident relació exponencial entre ambdós proporcions. El C22:6(n-3), el qual està considerat com un àcid gras essencial, també és vàlid com a biomarcador de dinoflagel·lats. Els SAFA són predominants en la present marea roja de *P.reticulatum*, i de forma notòria el C16:0 i el C18:0.

La correlació positiva entre el marcador de diatomees C16:1(n-7) i la concentració de diatomees, podria ser resultat de l'elevada proporció de lípids de determinades espècies de bacil·lariofícies respecte altres grups. La baixa proporció de cèl·lules de diatomees, comparada amb la de dinoflagel·lats, no emmascara totalment els lípids de les diatomees.

Disponibilitat d'aliment: L'existència d'una alta concentració de lípids a les aigües costaneres de l'àrea mostrejada és indicadora d'una elevada disponibilitat d'aliment per als organismes bentònics filtradors. Molts dels lípids presents provenen de les cèl·lules que componen la marea roja.

La comunitat dominant són els dinoflagel·lats, i més específicament l'espècie *P.reticulatum*, els quals poden esdevenir tòxics per als organismes bivalves. D'entre els bivalves, alguns són especialment sensibles a les marees roges, però d'altres presenten un comportament tolerant davant d'aquestes.

La concentració de cèl·lules de *P.reticulatum* es pot considerar moderada i és possible que, tot i tenint en compte el potencial efecte tòxic de les cèl·lules flagel·lades, els valors trobats en aquest estudi no col·lapsin completament l'activitat dels organismes filtradors. En aquest cas, la disponibilitat d'aliment esdevindria elevada.

Impacte ecològic de la marea roja: La marea roja estudiada desplaça als demés grups d'organismes i alhora impedeix la seva disponibilitat a la cadena alimentària, perjudicant d'aquesta manera als nivells tròfics superiors. Doncs moltes de les pesqueries artesanals basades en els organismes bentònics, poden arribar a estar greument perjudicades per blooms algals d'aquestes característiques. L'exposició dels bivalves a un bloom de dinoflagel·lats pot causar un alt grau de toxicitat als mol·luscs, tot i la presència de baixes concentracions en el nombre de cèl·lules flagel·lades, això passa per l'alt contingut en yessotoxines (toxines sintetitzades per l'espècie *P.reticulatum* i d'altres dinoflagel·lats) en moltes comunitats algals.

En relació la concentració de cèl·lules de *P.reticulatum* registrada ($3,8 \cdot 10^5$ cel. L^{-1}), la marea es pot caracteritzar d'altament tòxica. A les aigües costaneres de Chipana, el pic màxim de concentració de *P.reticulatum* és el dia 14 de febrer a les 14:00 h. És en aquest punt quan la columna d'aigua conté la màxima concentració de toxines, per tant, durant les següents hores es desenvoluparà el procés de depuració d'aquestes per part dels mol·luscs bivalves. Per aquest motiu, és important efectuar una monitorització de la marea roja en intervals curts de temps amb la finalitat de detectar els blooms algals i les hores de màxima concentració, perquè si no és així el bloom podria passar desapercebut i dels perjudicis ecològics que aquest comporta no se'n podria detectar l'origen específic.

Influència de El Niño sobre les marees roges: La temperatura de l'oceà té una considerable influència sobre la biogeografia de les microalgues i la dinàmica dels blooms algals. I les principals repercussions del fenomen de El Niño són l'increment de la temperatura de les aigües superficials i la disminució del nivell de la termoclina. Per tant, en una marea roja com l'estudiada, l'increment de temperatura de les aigües oceàniques superficials sota els efectes de El Niño podria induir a la

formació de pics en la concentració dels organismes que protagonitzin el bloom algal, i desembocar en un efecte negatiu a nivells tròfics superiors. L'increment de la temperatura del mar també resulta en un increment de la toxicitat de les cèl·lules de *P.reticulatum*, registrada per una elevada concentració de yessotoxines.

Quan a l'àrea de la zona costanera del nord de Xile arriben els períodes càlids induïts per el fenomen de El Niño i la isoterma incrementa de profunditat, el resultat és una supressió de l'aflorament costaner, la disminució de la biomassa i de la producció primària i la comunitat d'organismes pelàgics es troba dominada per algues petites, entre elles inclosos els dinoflagel·lats i alguns de forma massiva. Aquest fet pot resultar problemàtic, tan des del punt de vista ecològic com econòmic, a les àrees litorals afectades, tenint en compte els efectes d'un bloom algal.

7. CONCLUSIONS

Les principals conclusions a les que s'ha arribat en aquests estudi sobre una marea roja de *P.reticulatum* a la badia de Chipana i dels efectes que pot tenir El Niño són:

- Els àcids grassos són bons marcadors per a la detecció, classificació i quantificació de fitoplàncton quan són combinats amb altres paràmetres i quan es troben de forma combinada entre sí. El C18:4(n-3) és un marcador per a la presència de dinoflagel·lats i el C16:1(n-7) ho és per a la detecció de diatomees.
- La marea roja de la costa de Chipana present al febrer de 2007 està dominada per l'espècie de dinoflagel·lats *Protoceratium reticulatum*. De forma que les diatomees totals passen a un segon lloc en termes de dominància. Hi ha un pic màxim de gairebé tots els organismes identificats el dia 14 de febrer de 2007 a les 14:00 h, essent la concentració, en el cas de *P.reticulatum*, quatre vegades més elevada que set hores abans.
- L'àrea estudiada, situada en un sistema de surgència molt important, presenta una elevada disponibilitat d'aliment per als organismes filtradors, principalment bivalves. Però l'existència de la marea roja és perjudicial per algunes d'aquestes espècies, en canvi, d'altres mostren tolerància. Tot i que la concentració d'organismes que formen el bloom no col·lapsen l'activitat dels filtradors.

- El dinoflagel·lat *P.reticulatum* sintetitza yessotoxines, tòxiques per als bivalves. L'elevada concentració de *P.reticulatum* en la marea roja estudiada es pot traduir en un nivell molt elevat de yessotoxines presents a les aigües superficials costaneres de la zona estudiada. Això comporta efectes molt negatius sobre l'economia basada en la recol·lecció de peix i marisc, ja que el producte està malmès.
- El mostreig a través d'un cicle intensiu, és a dir, amb una elevada freqüència en un període curt de temps, és essencial per tal de detectar les fluctuacions a curt termini que desenvolupa la marea roja.
- L'efecte de El Niño sobre la proliferació dels blooms algals es pot manifestar a través de l'increment de temperatures en les aigües superficials, i causar l'augment de la biomassa dels organismes dominants de la marea roja. I, per altra banda, elevar els nivells de toxicitat que aquestes marees generen.